

Vägsaltets påverkan på närliggande vegetation, mark samt närliggande slitlager

De-icing salts impact on nearby vegetation, ground and nearby wear
surfaces

Jakob Frängsmyr & Stina Nilsson



Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap
Landskapsingenjörsprogrammet
Alnarp 2020

Vägsaltets påverkan på närliggande vegetation, mark samt närliggande slitlager

De-icing salts impact on nearby vegetation, ground and nearby wear surfaces

Jakob Frängsmyr & Stina Nilsson

Handledare: Eva-Lou Gustafsson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Bitr. handledare: Ann-Mari Fransson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Examinator: Tobias Emilsson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Självständigt i arbete i landskapsarkitektur, G2E – Landskapsingenjörsprogrammet

Kurskod: EX0841

Program: Landskapsingenjörsprogrammet

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2020

Omslagsbild: Stina Nilsson

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Vägsalt, struktur, halkbekämpning, jord, lignoser, påverkan

Förord

Vi vill tacka vår huvudhandledare Eva-Lou Gustafsson som med goda råd och tålamod givit oss bra tips på hur vi skulle gå tillväga för att få ett så bra arbete som möjligt. Hon gav snabb respons på våra frågor och funderingar vilket underlättade i vårt arbete, hon har pushat oss med sina frågor och utmanande tankar för att få oss att tänka utanför lådan och hitta nya vägar och idéer under arbetet. Vi vill tacka vår biträdande handledare Ann-Mari Fransson för allt hennes stöd och hjälp med alla våra markrelaterade frågor och problem med faktasök vi stötte på under arbetet. När vi hittat en källa vi gärna ville använda men inte kunde få tag i visade hon oss andra sätt att hitta samma fakta på. Vi vill tacka för alla era guldkorn med tips, era utmanade frågor som tvingade oss att tänka på nya sätt gällande hur vi skulle ta oss tillväga med vårt arbete.

Vi vill även tacka Elias Halling från Helsingborgs stadskontor som vi hade kontakt med angående saltskadade träd i Helsingborg och fick ett mycket hjälpsamt mail tillbaka som underlättade vårt arbete.

Vi skulle även vilja tacka våra familjer och vänner för alla uppmuntrande ord, kloka tankar och funderingar eller bara en stunds distraktion från arbetet så vi kunnat återhämtat oss för att sedan grotta ner oss i arbetet igen.

Ett extra tack till Laila J. Nilsson, Stina Nilssons mamma, för all korrekturläsning och feedback under arbete.

Sammanfattning

Syftet med detta arbete är att göra en litteraturstudie och sammanställa fakta om hur vägsalt (NaCl , natriumklorid) påverkar vår stadsmiljö samt att få en överblick hur vegetation, slitlager och markytor i närheten av saltbehandlade vägar påverkas av den höga saltningsintensiteten. I arbetet ingår också en kartläggning av vilka andra alternativ och metoder till salt som provats för att eventuellt kunna vara likvärdiga eller bättre i sin funktion och inte vara lika skadliga som salt är för miljön.

Årligen så används det enorma mängder av vägsalt som halkbekämpande medel längs vägarna runt om i Sverige. Salt (NaCl , natriumklorid) som används på våra vägar vid halkbekämpning är en blandning mellan tre komponenter, salt som vanligt bordssalt, gips och klumpförebyggande medel, detta är då det vi använder som vägsalt. Det finns ett mätsystem som Trafikverket använder som samarbetar med väderprognoser för att kunna salta vid den optimala tiden så saltningseffekten blir så långvarig som möjligt. Spridningsmetoden som används idag är en roterande skiva som slungar ut salt (NaCl) på vägarna. Detta är en mycket effektiv metod och saltet kommer ut över hela körfältet, dock orsakar denna metod att det bildas ansamlingar av salt (NaCl) vid en stoppsignal då saltbilen inte stänger av saltspridningsskivan. Dessa ansamlingar av salt (NaCl) slungas upp på trottoarer och närliggande vegetation från förbipasserande fordon.

Saltpåverkan på lignoser är mycket negativ då det kan leda till osmotisk stress på deras rötter som i sin tur påverka växtens tillväxt på både grenar och blad. Salt (NaCl) påverkar träd på olika sätt beroende på hur länge den varit utsatt för salt (NaCl) och koncentrationen av saltet. Salt (NaCl) löses upp i markvätskan till Na^+ och Cl^- och de olika jonerna påverkar trädet separat oberoende av varandra. Natriumjoner som finns i överskott gör att markens aggregatstabilitet minskar genom att lerpartiklar dispergeras. Detta leder till andra problem som minskad porvolym, vattengenomsläpplighet samt infiltration. Dessutom sker detta överskott på natriumjoner på bekostnad av andra katjoner i marken. Vägsalt kan även påverka pH-nivån i jorden. I näringsfattiga sandiga jordar så sjunker det och i vissa näringsrika lerjordar så höjs pH. Alla effekter på jord som nämnts ovan är inte ett lika stort problem i sandiga jordar

Beroende på vad det är för slitlager på marken påverkas det olika, vad det är för material, längden av utsatthet och koncentrationen av salt (NaCl). Betongplattor kan få frostavflagnings från saltskador och detta kan även leda till en ökad risk för armeringskorrosion. Asfalt får inga direkta skador från salt (NaCl), det är smältvattnet från vägen som tar sig ner i porerna i asfalten och sedan expanderar vid återkommande minusgrader. Marktegel är även ett slitlager som inte får några direkta skador från salt (NaCl) såsom asfalt. Salt (NaCl) kan lägga sig på ytan och bilda vita fläckar, saltet kommer antingen i partikelform eller upplöst i markvätskan som finns under teglet. Saltet (NaCl) kan sedan tryckas upp genom teglet med hjälp av kapillärkraften till ytan och bildar vita fläckar.

Andra lösningar kan vara upp till 20 ggr dyrare att använda jämfört med salt (NaCl), ett alternativ som har undersökts är kalciummagnesiumacetat, även betecknat CMA, som har mycket liten påverkan på vegetationen längs vägar och på korrosion. Saltlösning är mer effektivt och stannar kvar bättre på vägen än torrsalt, ökad användning av saltlösning skulle minska användningen av salt (NaCl). Salt och socker: Socker har ingen smältningseffekt på

is och snö så som salt (NaCl) har, jämfört med en saltlösning blir det ingen skillnad av effekten på friktionen om man skulle byta ut halkbekämpningsmedlet till en sockersaltlösning istället. Sockersaltlösning har visats vara mer lockande för vilt och kan leda till fler olyckor på våra vägar. En annan metod som undersökts är speciella plogblad som med ett högt tryck gör det enklare att få bort snö och eventuell slask innan man lägger ut salt på vägarna.

Abstract

The purpose of this essay was to do a literature study and compile facts about how road salt (NaCl, sodium chloride) affects our urban environment and to get an overview of how the vegetation, wearing surfaces and soils adjacent to roads that utilize road salt is affected by it. This work also includes a mapping of what other alternatives and methods that has been tested to find a substitute that is equally or better in its function and not as harmful as salt is to the environment.

Every year, huge amounts of road salt is used as de-icing and anti-slip agent along the roads around Sweden. Salt (NaCl, sodiumchloride) that is used on our roads as a de-icing agent is a mix of three components, salt as in regular table salt, plaster and an anti-clumping agent. This is what is used as road salt. There is a system used by the Swedish Transport Administration that collaborates with weather forecasts to be able to use salt at the optimum time and that the effect of the salting will be as long-lasting as possible. The method used today for spreading the salt (NaCl) is a rotating disk that throws it out onto the road. This is a very effective method and the salt (NaCl) comes out all over the road, however, this method causes an accumulation of salt (NaCl) at a stop signal when the salt truck does not shut off the salt spreading disc. These accumulations of salt (NaCl) are thrown onto the sidewalks and nearby vegetation from passing vehicles.

The effect of salt (NaCl) on lignoses is very negative, it can lead to osmotic stress on their roots which in turn affect the growth of the plant on both branches and leaves. Salt (NaCl) affects trees in different ways depending on how long it has been exposed to salt (NaCl) and the concentration of the salt. Salt (NaCl) can be dissolved in the soil liquid to Na^+ and Cl^- and the different ions affect the tree independently of each other. Sodium ions, which are then in excess, reduce the aggregate stability of the soil by dispersing clay particles. This leads to other problems such as reduced pore space, water permeability and infiltration. In addition, this excess of sodium ions occur at the expense of other cations in the soil. Roadsalt may even affect the soils pH. In nutrient-poor, sandy soils the pH decreased and in some clay soils rich with nutrients the pH increased. All the effects on soils mentioned above are not as big of a problem in sandy soils.

Depending on the wearing surface it is affected differently, what kind of material it's of, the length of exposure and the concentration of salt (NaCl).

Concrete slabs can get frostflaking from salt damages and this can lead to an increased risk for corrosion of the reinforcing bar. Asphalt does not sustain direct damages from the salt (NaCl), it does however sustain damage when the roads meltwater descends into the pores and recurrently expands when the temperature drops below the freezing point. Ground tile is another wearing surface that does not get any direct damage, similarly to the asphalt. Salt

can settle on the surface and form white spots, the salt comes in either particle form or dissolved in the soil liquid that is below the bricks. The salt (NaCl) can then be pushed up through the bricks to the surface using the capillary force and thereafter forming the white spots.

Other alternative solutions can be up to 20 times more expensive than using salt. An alternative that has been studied is calcium-magnesium-acetate, CMA for short, which has very little impact on vegetation along roads and on corrosion. A salt solution is more effective and stays on the road better than dry salt, an increased use of salt solution would reduce the use of salt. Salt and sugar: Sugar has no melting effect on ice and snow such as a salt. There is no difference regarding friction with the use of a sugar-salt solution compared to a salt solution. Sugar-salt solution has been shown to be more attractive to wildlife and can lead to more accidents on our roads. Another method that has been investigated is special plow blades that with a high pressure makes it easier to remove snow and any slush before putting salt on the roads.

Innehållsförteckning

Förord	3
Sammanfattning	4
Abstract	5
Innehållsförteckning	7
Inledning	8
Bakgrund	8
Syfte	8
Frågeställning	8
Avgränsningar och begränsningar	9
Metod	9
Resultat	9
Salt	9
Saltanvändning	10
Metoder som används vid salthantering	10
Mängden salt som används i Sverige - då och nu	10
Mätning av saltnivåer & klassning av saltpåverkade jordar	11
Saltpåverkan på lignoser	12
Saltpåverkan på markens egenskaper	14
Påverkan på lerpartiklarna	14
Infiltration	15
Markens vattengenomsläpplighet	15
Svenska projekt	15
pH och jordar med grövre struktur	16
Saltpåverkan på slitlager/hårdgjort markmaterial	16
Andra metoder & eventuella lösningar	19
CMA	19
Plogblad	20
Sockersaltlösning	20
Torrsalt & Saltlösning	20
Slutsatser	22
Diskussion	23
Källförteckning	26

Inledning

Bakgrund

När vintern börjar närma sig och vägarna börjar frysa till finns det några sätt att halkbekämpa. Antingen används mekaniska åtgärder såsom plogning, utspridning av krossmaterial etc. eller så används kemiska medel som exempelvis salt (NaCl). Spridningen av salt utgör en stor belastning för vegetationen i urbana miljöer, ett pågående problem som vi än i dag inte har någon lösning på.

Redan på 1700-talet började enligt Statens maritima och transporthistoriska museer (2018) vägarna i Sverige att plogas, den första formen av halkbekämpning. På 1920-talet sandades till en början branta backar, större vägar och oftast bara den ena sidan av vägen. Det var främst i de större städerna som man började att använda sig av salt (NaCl) som halkbekämpning. Vid sandning av landsvägar på 1930-talet började man att blanda in salt (NaCl) i sanden för att bidra till en bättre halkbekämpning. Under 1949/50 gjordes de första försöken med användningen av salt (NaCl) för att avlägsna is på vägar.

Många kommuner använder sig av salt (NaCl) för att bekämpa halka på vägar och gator under vinterhalvåret. Vägsalt (NaCl) utgör ett växande problem då det skadar miljön i allmänhet samt att det accelererar korrosion hos konstruktioner av metall (Öberg, Gustafsson & Axelson 1991). Detta i sig kan innebära stora ekonomiska problem för både privatpersoner (rostskador på bilen exempelvis) och offentliga aktörer som har hand om utemiljön i staden och dess olika konstruktioner. Detta är ett kontinuerligt problem som är och förmodligen kommer att vara relevant lång tid framöver.

Syfte

Syftet med detta arbete är att göra en litteraturstudie och sammanställa fakta om hur vägsalt (NaCl, natriumklorid) påverkar vår stadsmiljö samt att få en överblick hur vegetation, slitlager och markytor i närheten av saltbehandlade vägar påverkas av den höga saltningsintensiteten.

Frågeställning

Hur påverkar vägsalt (NaCl) lignoser?

Påverkas hårdgjorda markmaterial av salt (NaCl)? I så fall hur?

Finns det vissa typer av jordmaterial som fungerar bättre vid ett överskott av salt (NaCl)?

Kan vägsalt (NaCl) påverka markens egenskaper?

Finns andra alternativ än salt (NaCl) för halkbekämpning?

Avgränsningar och begränsningar

Vi vill avgränsa oss genom att skriva om hur vägsalt (NaCl) påverkar lignoser i stadsmiljö, de trädarter vi har studerat är lövfällande. Vi fokuserar på svenska förhållanden och de miljöer som finns i Sverige. I och med att arbetet handlar om lignoser i form av träd kommer det avgränsas till jordmaterial som är avsedda för den typen av lignoser.

Metod

Arbetet består av en litteraturstudie som bygger på information som kommer från artiklar, tidskrifter, böcker och liknande källor. Dessa källor är hämtade från sökningar i Primo, Google scholar, google och web of science. Vi kontaktade även Helsingborgs stadskontor och kopplades då vidare till Elias Halling. Vi frågade om de hade någon information och kunskap om det fanns några saltskadade lignoser längs kommunens vägar. Vi fick då ett mail av Elias Halling med en lista över de lignoser som används mest längs kommunens gator och en karta med över de mest centrala delarna av Helsingborg där saltningsintensiteten på respektive gator är markerad. Detta gjorde det enkelt för oss att hitta platser med skador på markmaterial som kan ha orsakats av salt, samt lignoser med synliga skador på barken.

Bilder i detta arbete är fotograferade av författarna om inget annat anges i texten.

I texterna nedan kommer vi att skriva om salt/vägsalt (Natriumklorid, även förkortat NaCl) och benämner NaCl som salt eller vägsalt genom resten av arbetet.

Resultat

Salt

Trafikverket (2018) skriver att de som har ett ansvar över någon väg, väghållare, använder sig oftast av natriumklorid (NaCl) som tömedel, det anses ha den de bästa förhållandena mellan belastning på miljön, halkbekämpande effekt och ekonomi.

Vägsalt som används består av minst 97% natriumklorid. De resterande 3% består huvudsakligen av fukt och kalciumsulfathydrat/gips ($CaSO_4 + 2H_2O$) samt mindre än en hundra delar procent natriumferrocyanid ($Na_4Fe(CN)_6$). Natriumferrocyanid är tillsatt av samma anledning som det återfinns i vanligt bordssalt nämligen som ett klumpförebyggande medel. Saltets förmåga som tömedel kommer av att det sänker vattnets fryspunkt (Randrup & Pedersen 1996). Detta kan medföra en ökad trafiksäkerhet men Trafikverket (2019d) menar att i första hand är halkbekämpningen en framkomlighetsfråga. Trafikverket (2019e) ska minska mängden stopp i trafiken och detta innefattar högratifierade vägar där bl.a. kollektivtrafik inkluderas. Vanligen saltas vägar ner till en temperatur på 6 - 10° minusgrader celsius (Trafikverket 2019f). Saltas vägar vid mycket låga temperaturer kan det ha en motsatt effekt än den som vill uppnås.

Vatten fryser vid 0°C medan upplöses en lagom/tillräcklig mängd salt i vatten sjunker den teoretiska fryspunkten enligt Randrup och Pedersen (1996) till -21°C. Randrup och

Pedersen menar vidare att även om den teoretiska fryspunkten är nedsatt till -21°C så fungerar salt bara ned till -8°C i praktiken, för att upplösning av salt ska ske behöver det värme och vid dessa temperaturer kommer det att ta lång tid att lösa upp saltet. Tvedt et al. (2001) skriver att effektiviteten av saltet hör till viss del samman med saltkornens storlek. Större korn löses upp långsamt och verkar under längre tid och kan på så sätt töa tjockare lager av is och/eller snö, medan små korn upplöses snabbt och verkar snabbare. När saltkornen är stora och ojämna i storlek blir det svårare att få en enhetlig spridning av dem och därav blir det en ojämn halkbekämpande effekt av saltet. ‘

Saltanvändning

Metoder som används vid salthantering

Enligt Trafikverket (2019a) finns det ett mätsystem som samarbetar med väderprognoser för att få ett så exakt tidsspektrum som möjligt över när det kommer att bli temperaturförändringar. Det ger en nära på exakt tidsöversikt över ca 24 timmar, i systemet framgår när det kommer att bli minusgrader, detta gör det möjligt att planera när saltbilarna ska köra och då minska den totala saltanvändningen. Vid väderomslag kan det saltas förebyggande precis innan vädret slår om för att bidra till att effekten av saltningen blir relativt långvarig.

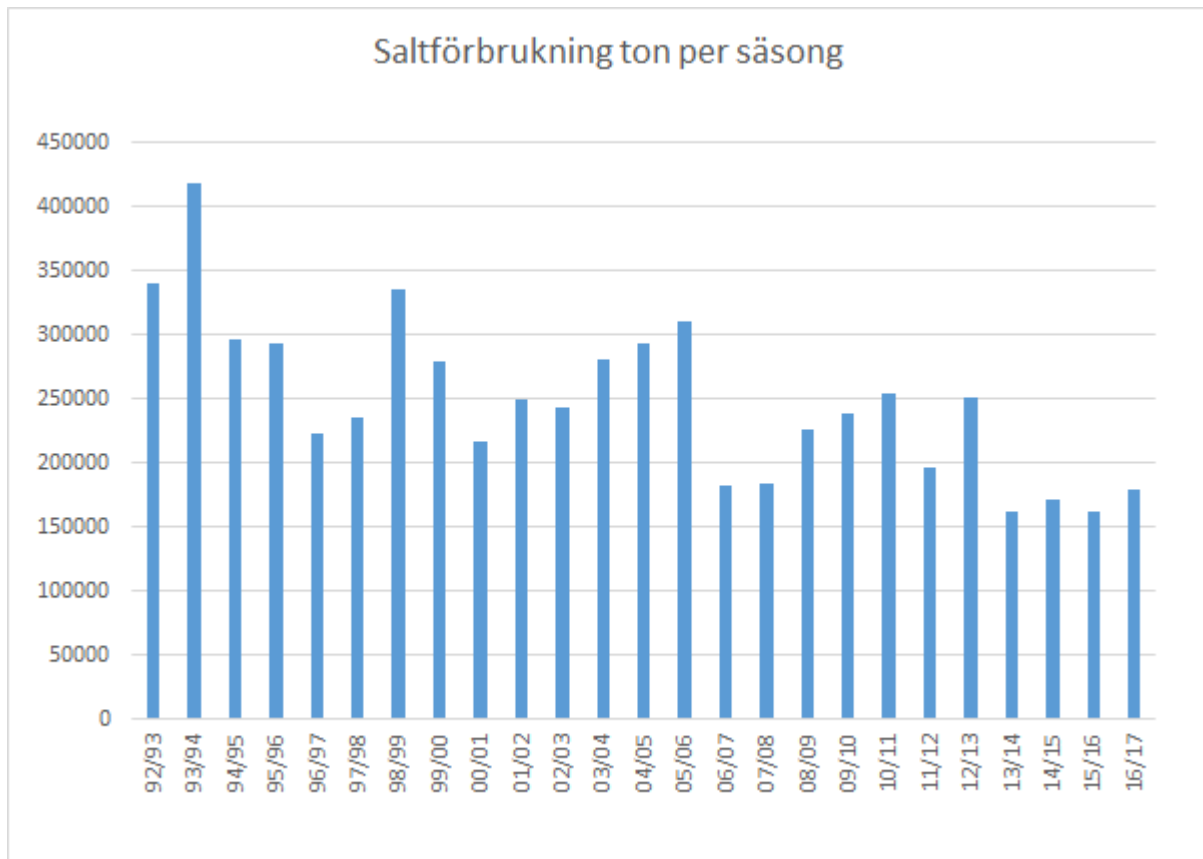
Mac Millar (1979) skriver att vid spridning av salt används det olika maskiner och metoder, en vanlig metod är att använda en maskin som har en roterande skiva som slungar ut salt på vägarna. Denna metod bidrar till att salt kan kastats nära vägkanten intill eventuella planteringar. Oberoende av spridningsmetod kommer det på vägar med högre trafikintensitet att stänka salt från fordonen upp i planteringen längs vägen, vid en hastighet på 50 km/tim så kommer vatten-och isblandad sörja att kastas upp till tre meter åt sidan från fordonet. En annan orsak till att det kan komma upp salt på trottoarer och planteringar är om en saltbil måste stanna vid en ljussignal, då måste bilen både bromsa in och accelerera vid signalen, detta kan göra att salt slungas ut ryckigt och ojämnt åt alla håll. Det leder också till en ansamling av salt som av den efterföljande trafiken sprids i närområdet till saltbilens inbromsningsplats.

Trafikverket (2019b) skriver även att i dagens läge ändras vädret under vinterhalvåret, det är inte lika kallt som förr, inte kallt lika länge och inte lika mycket snö heller. Saltanvändningen försöker Trafikverket minska men fler nya vägar tillkommer löpande samt att vägar där sand tidigare var tillräckligt behöver nu saltas eftersom trafikmängden ökar. Eventuella nya eller andra metoder för halkbekämpning är under utveckling för att hitta andra alternativ att använda istället för salt, kunskapen inom detta ökar samtidigt som utrustningen hela tiden utvecklas.

Mängden salt som används i Sverige - då och nu

Enligt Eklund (2016) som skrev en rapport på Sveriges radios hemsida om minskad saltanvändning var det över tre decennier sedan som det saltades så lite på våra vägar som vintern 2015/2016. Den vintern förbrukades det endast 125 000 ton salt på de statliga vägarna, detta är hälften så mycket som den genomsnittliga förbrukningen tio år tidigare och runt en tredjedel av saltmängden som användes i början av 90-talet.

På Trafikverkets (2020) hemsida skriver de att mängden salt som använts under de senaste vintersäsongerna i Sverige ligger mellan 200 000 - 230 000 ton vägsalt, jämfört med att under 1990-talet hade vi en årsförbrukning på ca 450 000 ton salt på våra vägar, se figur 1.



Figur 1. Saltförbrukning i Sverige uttryckt i ton per säsong. Data hämtad ur Nordisk vägforum (2018).

Mätning av saltnivåer & klassning av saltpåverkade jordar

Brady & Weil (2002) menar att rent vatten har dålig elektrisk konduktivitet och att den elektriska konduktiviteten (EC) stiger vid högre halt av salt, det går att använda sig av detta för att mäta saltinnehållet i en lösning. Det finns två sätt som används för att avgöra vilken status natrium har i jorden. ESP (*Exchangeable Sodium percentage* d.v.s. utbytbar natrium) visar i vilken grad som jonutbytesprocessen är mättad av natrium. Ett lättare sätt att mäta mängden natriumjoner i mark är SAR (*Sodium adsorption ratio*) då mäts den relativa koncentrationen av Na^+ , Ca^{2+} och Mg^{2+} . Det beräknas på följande vis:

$$SAR = \frac{Na^+}{(0,5(Ca^{2+}) + 0,5(Mg^{2+}))^{\frac{1}{2}}}$$

Brady & Weil (2002) skiljer på *saline soils*, *saline-sodic soils* och *sodic soils*. Jordar som kallas för *saline soils* är de som innehåller tillräckligt mycket neutrala salter för att ge EC (elektrisk konduktivitet) värden större än 4dS/m (deciSiemens per meter) men har ett SAR-värde under 13. I dessa jordar består huvuddelen av utbytet av saltjoner av magnesium- och

kalciumpjoner. De lösliga salterna hjälper till att hindra en dispergering av jordens kolloider vilket gör att infiltrationen, aggregatens stabilitet och gasutbytet i mark inte påverkas.

Jordar som kallas för *saline-sodic soils* (Brady & Weil 2002) är de som innehåller tillräckligt mycket neutrala salter för att ge ett EC-värde större än 4dS/m och har tillräckligt mycket natriumpjoner för att ge ett SAR-värde på över 13. Tillväxten för växter i jord som denna påverkas både av de den höga natriumpjonkoncentrationen och den höga koncentrationen av neutralt salt.

Jordar som kallas för *sodic soils* (Brady & weils 2002) är de som har ett SAR värde på över 13 medan de har ett EC värde på under 4dS/m. Denna typ av jord som är mest intressant för litteraturstudien då det påminner mest om effekterna vid användning av vägsalt, se tabell 1.

Tabell 1. Illustration över klassning av jord. Data hämtad ur Brady & Weils (2002).

Klassning	EC (deciSiemens/meter)	SAR
Normal	< 4	< 13
<i>Saline</i>	> 4	< 13
<i>Saline-Sodic</i>	> 4	> 13
<i>Sodic</i>	< 4	> 13

Saltpåverkan på lignoser

I texten av Munns och Tester (2008) skriver de om hur alla träd reagerar olika på saltpåverkan, samt att effekterna kan variera över tid, både längd av utsatthet och koncentration av salt i jorden är också faktorer som påverkar. Trädet utsätts för osmotisk stress, detta orsakar störningar vid produktion och utveckling av nya blad samt minskar hastigheten hos bladtiltväxten. Det är ansamlad salt runt rötterna som orsakar den osmotiska effekten, den leder till minskad tillväxt hos bladen. En stor påverkan sker även på klyvöppningarna och deras funktion med gasutbyte och i förlängningen fotosyntesen, detta är också en konsekvens av den osmotiska effekten från salt som är på utsidan av rötterna. När salt löser sig i markvatten delas det upp i positiva natriumpjoner och negativa kloridjoner.

Mac Millar (1979) nämner i sin text kunskapen om att vanligt salt är skadligt för lignoser och annan växtlighet, det framgår dock inga direkta värden på hur hög toleransgränsen är för detta. I markvättskan löser sig saltet och delar sig i Na^+ och Cl^- , växtligheten tar upp dem oberoende av varandra och reagerar på dem separat.

Symptom på klorskador som kan uppstå beskrivs såhär av Mac Millar (1979):

- "normala till förstörade blad
- cell- och vävnadsdöd (nekroser) i bladspetsar och längs bladkanter, avgränsningen mot den inre gröna vävnaden är skarp (i allvarliga fall bladfall)
- döda grenspetsar och grenpartier"

Symptom på natriumskador som kan uppstå beskrivs såhär av Mac Millar (1979):

- "förminskad bladstorlek
- nekroserna börjar som fläckar
- förkortade årsskott (sköra grenar)
- döda kvistar och grenpartier "



Figur 2. *Sorbus intermedia*. Denna sida av stammen är vänd mot en större väg där det saltas med hög intensitet.



Figur 3. *Sorbus intermedia*. Denna sida av stammen är vänd mot en cykelbana där det saltas mindre under vintersäsongen.

Figur 2 - 3 ovan visar bilder på olika sidor av stammen hos samma *Sorbus intermedia* där man kan se en tydlig skillnad mellan den sida som är närmast vägen och utsätts för mest salt jämfört med den sida som är vänd in mot en cykelbana där det saltas betydligt mindre. På den sida som har utsatts för mest salt på barken är trädet mer flagnat och inga alger växer på barken. I ett arbete som Randrup & Pedersen (1996) skrivit nämner de att den sida av barken som blivit utsatt för salt kan dö. Vi antar då att utseendeskilnaden på barken är orsakad av salt och barken har dött, det fanns inga blad att undersöka för att se om det hade blivit några långvariga effekter av saltpåverkan hos löv.



Figur 4. *Aesculus hippocastanum*



Figur 5. *Aesculus hippocastanum*

Figur 4 - 5 visar olika sidor av stammen hos samma skadade/sjuka kastanj. Då saltskador kan bidra till att andra sjukdomar eller skadedjursangrepp kan tillkomma tror vi att detta kastanjeträd fått en saltskada och senare fått en sekundär svamp/eller annan sjukdom till följd av saltskador.

Saltpåverkan på markens egenskaper

Påverkan på lerpartiklarna

Den huvudsakliga fysiska processen som sker vid en hög natriumhalt i jorden är dispergering av lerpartiklar. Hanson et al. (2006) beskriver att lerfraktionen av en jord består av lerplattor och att dessa plattor har negativa laddningar på ytorna vilket då attraherar positivt laddade joner. Dessa joner som är bundna till jordens lerpartiklar kallas för utbytbara katjoner d.v.s. att en jon som är bunden till en lerpartikel kan bytas ut. Dessa joner som kan vara natrium, magnesium etc. bildar då ett lager intill dessa lerplattor. När plattor närmar sig varandra försöker de repellera varandra p.g.a. deras jonladdning. Dessa krafter håller då lerplattorna ifrån varandra och resulterar i svällning av jorden.

Hanson et al. (2006) beskriver vidare att kalciumjoner är mer attraherade till dessa lerplattor än vad natriumjoner är d.v.s. att lagret av joner ligger närmare och binds hårdare till lerplattorna respektive längre ifrån dessa lerplattor och inte lika hårt bundet. I en jord med

hög natriumkoncentration blir det ett längre avstånd d.v.s. separationen mellan lerplattorna blir längre och blir detta avstånd mellan dem tillräckligt stort kan det så småningom leda till att dispergering sker. Dessa lerplattor följer då med vatten och kan sätta igen större porer och därmed reducera infiltration.

Infiltration

Shainberg & Letey (1984) menar att en av de viktigaste processerna för växter samt vattnets kretslopp är infiltration av vatten i mark. Denna process påverkas av en mängd olika faktorer t.ex. skorpbildning. De huvudsakliga orsakerna för skorpbildning är: fysisk dispergering av jord orsakad av regndroppar och bevattningsvatten. Kemisk dispergering av jord vilket beror på elektrolytkoncentrationen i vattnet som tillsätts och ESP (*exchangeable sodium percentage*) i jorden. Skorpbildning orsakad av regn ökar i jordar där natriuminducerad lerdispergering skett. När lerpartiklar dispergerar i markvattnet sätter de igen makroporerna i jordytan på två sätt. De blockerar vägar som vatten och rötterna försöker ta för att komma ner i jorden. Dessutom skapas det ett kompakterat hårt ytlager när jorden torkat. Det hårda topplagret eller skorpan förhindrar vatteninfiltration i jorden samt uppkomst av växtlighet. Dessutom kan det minska mängden vatten som är tillgängligt för växtlighet och öka vattenavrinning samt jorderosion.

Markens vattengenomsläpplighet

Markens vattengenomsläpplighet eller hydraulisk konduktivitet är ett begrepp som beskriver vilken takt en mängd vatten kan röra sig genom en jord på en viss tid. Shainberg & Letey (1984) menar på att markens vattengenomsläpplighet beror på både elektrolytkoncentrationen i vattnet som rör sig nedåt i marken och ESP-värdet i jorden. Även vid ett högt värde på ESP så kan marken behålla sin vattengenomsläpplighet om elektrolytlösningens koncentration av salt är över ett kritiskt tröskelvärde. Författarna menar också att dispergering och reducering av vattengenomsläppligheten kan påverkas vid låga ESP värden ifall elektrolytkoncentrationen är mycket låg eller ej befintlig t.ex. ifall destillerat vatten tillsätts. Vid dispergering av jord som nämnts tidigare minskar inte bara mängden vatten som tar sig ner i jorden utan också markens vattengenomsläpplighet. I och med att dispergering av jord och svällning av lerpartiklar minskar porvolymen och därmed hastigheten som vatten kan röra sig genom jorden. Om vattnet inte kan röra sig genom jorden finns det en risk att det blir stående vatten i de övre lagren av jorden. Detta i sin tur kan minska gasutbytet i marken och därmed reducera markens egenskaper som hjälper växter att växa.

Svenska projekt

I ett projekt vid Institutionen för markvetenskap (Etana & Rydberg 2008) undersöktes vägsaltets effekt på åkrar längs vintersaltade vägar. Natriumhalten i jorden var högst på de provplatser som låg närmast vägarna och detta avspeglades i ett test av turbiditet. Sveriges Lantbruksuniversitet (2017) beskriver turbiditet "Turbiditet är ett mått på hur mycket infallande ljus avviker från sin rätlinjiga bana vid passagen genom provet, vilket i ytvatten till största delen beror på reflektion i partikelytor, och utgör därför ett mått på partikelhalten i vattnet."

Etana & Rydberg (2008) skriver att en vätskas lerkoncentration och grumlighet har ett linjärt samband. I och med anrikningen av natrium i jorden tappade jordarna andra katjoner t.ex. magnesium och kalium. Detta menar de försämrar markstrukturen genom att det för med sig

svagare bindningar. De menar också att det ökar risken för dispergering av jordpartiklar och partikelbunden fosfor. Dessa instabila aggregat försämrar genomsläppligheten av vatten i jord och risken för skorpbildning och ytavrinning ökar vid dessa förhållanden.

I en annan svensk studie (Norrström & Bergstedt 2001) visades det att de problem som torra eller halvtorra regioner har med att kolloider dispergerar också kan hända i Svenska jordar med hög natriumhalt, till följd av att det använts vägsalt vid halkbekämpning.

De beskriver vidare att natriumjoner som kom från vägsalt främjade urlakning av katjoner såsom kalcium, magnesium, kalium och därav stort påverkat markens mängd av utbytbara katjoner.

pH och jordar med grövre struktur

Vägsalt kan även enligt Randrup & Pedersen (1996) påverka pH-nivån i jorden. I näringsfattiga, sandiga jordar så sjunker pH och i vissa näringsrika lerjordar gör saltet att pH-värdet i jorden höjs. Salt förstör inte bara jordens struktur (Natural Resources Conservation Service (NRCS) 2017) utan salt drar även åt sig vatten vilket gör att mindre vatten kan tas upp av växters rötter. Alla effekter som nämnts ovan är inte ett lika stort problem i sandiga jordar då dessa inte har mycket struktur men att i leriga jordar så är det ett större hot mot växter. NRCS menar att jordar som har större andel av de grövre fraktionerna har en större vattengenomsläpplighet och detta ökar saltets rörlighet genom jorden. Urlakningen av salt påverkas av vattenförhållandena i jorden samt de geologiska förhållandena.

Saltpåverkan på slitlager/hårdgjort markmaterial

Esping (2017) skriver att skador som kan ske på hårdgjorda material kan se olika ut beroende på vad det är för material, till exempel på betongplattor blir det en avflagning/avskalning av ytan. Salt på betongytan ökar även risken för frostavflagningar speciellt när det är en salthalt på ca 3 procent, detta ökar även risken för armeringskorrosion. Vid korrosionsskador och avflagning av betongen förkortas livslängden hos materialet, detta kan leda till att beläggningen behöver bytas ut tidigare än planerat. För att undvika skador av den här typen bör frystestad betong användas till de ytor som utsätts för salt.



Figur 6. Betongplattor från Olympia Arena
cykelparkering i Helsingborg med avflagningar.



Figur 7. Betongplattor från Olympia Arena
cykelparkering i Helsingborg med avflagningar.

I figur 6 - 7 ovan är betongplattor som ligger i Helsingborg vid en av arenorna på deras cykelparkering. De vita/ljusgrå fläckarna som är synliga på de grå betongplattorna kan vara saltskador, eller början till frostavflagningar som kan ske efter att de har blivit utsatt för saltskador.



Figur 8. Betongplattor från centrala Värnhem i Malmö med avflagningar.



Figur 10. Betongplattor från centrala Lomma vid busstationen.



Figur 9. Betongplattor från centrala Lomma vid busstationen.

I figur 8 ovan visas betongplattor vid ett övergångsställe på Värnhem där det finns tydliga frostavflagningar som kan ske när plattorna blivit utsatt för saltskador. I figur 9 - 10 ovan syns betongplattor från Lomma och även här har tydliga frostavflagningar skett.

Dt (2009) är en nyhetssida och de skriver kort om att saltskador på asfalt sker genom flera moment. Saltet gör så att snö och is smälter, sedan tar sig smältvattnet ner i porer och sprickor som finns i asfalten för att sedan expandera och öka sprickornas bredd när det fryser igen. När sprickorna blir större orsakar de att stenar lossnar i asfalten. Om trafikbelastningen från tyngre fordon minskas så skulle man kunna reducera behovet av saltning och då skulle även salteroderingen minska.

Figur 11 - 12 nedan visar tydliga sprickor i asfalten som troligen har påverkats av smältvatten från is och snöslask som har runnit ner i porer/små sprickor och sedan expanderat vid frysning.



Figur 11. Bild från gata i Helsingborg med sprickor.



Figur 12. Bild från gata i Helsingborg med sprickor.

Vissa typer av natursten är känsligare mot salt än andra skriver Flisbybloggen (2012) på sin hemsida. Sandsten och marmor är några stentyper som är känsliga för salt och kalksten ska man absolut inte använda salt på medan skiffer och granit klarar sig bra mot saltpåverkan.

Det blir inte några direkta skador på marktegel när salt har använts för halkbekämpning enligt Wienerberger (2020), det blir en vitaktig avlagring/beläggning på ovansidan av teglet. Det är salt antingen i partikulär form eller löst i vatten som har trycks upp genom markteglet med hjälp av kapillärkraften, saltet lägger sig på ytan av teglet och bildar vita fläckar.

Andra metoder & eventuella lösningar

Trafikverket (2019c) skriver att andra metoder/material som är kandidater för halkbekämpning istället för salt har visat sig vara mycket dyrare, upp till 20 gånger dyrare, ett av dessa material som har undersökts som alternativ är kalciummagnesiumacetat, även betecknat CMA.

CMA

I jämförelse mellan salt och CMA finns det en stor skillnad, Öberg et, al (1991) skriver om att salt bidrar till ökad korrosion och skador på vegetationen i närheten av gångbanor och vägar. Juneholm (2007) skriver om hur CMA har mycket lite påverkan på vegetationen längs

vägar och på korrosion. Juneholm skriver även om skillnaden i funktion mellan salt och CMA vid olika temperaturer, salt kan verka ner till en temperatur till -21 °C medan CMA endast har en verkan ner till -17 °C. En annan negativ punkt som Juneholm tar upp angående CMA är att friktionen påverkas och blir något sämre, efter CMA sprutas ut på vägen och under de 20 minuter som det tar för CMA att torka är friktionen mindre än vanligt men den återkommer efterhand som vägen torkar. Detta kan bli ett halkriskmoment om CMA skulle sprutas ut flera gånger med korta tidsintervaller och det blir för stora mängder på vägen, medan salt knappt har någon effekt på friktionen.

Plogblad

Olika lösningar som enligt Ölander (2004) har tagits fram som intressanta kandidater att hantera halkbekämpning är till exempel speciella plogblad som får ett högt tryck som gör det enklare att få bort snö och eventuell slask innan man lägger ut salt på vägarna. Att använda sig av saltlösning så mycket som möjligt och att utbilda personal har varit mycket effektivt, en tydlig förändring har skett under de senaste åren, då har saltförbrukningen minskat med ca 35%.

Sockersaltlösning

Möller (2007) skriver i sin text om vilka skillnader det är mellan salt och socker i halkbekämpande medel. Det har gjorts tester med socker på nedlagda flygfält utanför Mariestad, testerna visade positiva resultat och andra tester har gjorts efter detta på vanliga vägar under vintersäsongerna 2004/2005 och 2005/2006. Socker har ingen smältningseffekt på is och snö och har en fryspunkt på -23°C, det är dock inte skillnad mellan saltlösning och sockersaltlösning när det kommer till påverkan på friktionen. Genom olika tester har resultat visat att inblandning av råsocker i både torrt och fuktigt salt har givit samma resultat som sockersaltlösning när det kommer till friktionen. Detta kan leda till minskad saltanvändning om saltlösning skulle kunna bytas ut mot sockerprodukter istället.

Andra tester som Möller (2007) skriver om undersöker om sockersaltlösningen lockar mer vilt till vägarna, resultaten av dessa tester visar att det finns en risk att mer vilt kan lockas upp på våra vägar av den söta lukten och då öka risken för fler olyckor. Genom att spraya tallplantor med antingen en saltlösning eller sockersaltlösning har det framkommit att älgar visar större intresse för tallar sprayade med sockersaltlösning. Detta ger då en misstanke om att det kan bli ökad risk för olyckor om sockersaltlösning skulle bli ett permanent val istället för enbart salt.

Torrsalt & Saltlösning

Torrsalt är en metod som Gasslander (2010) nämner - metoden används mycket på cykelstråk, denna variant av halkbekämpning kräver mycket salt per kvadratmeter. Torrsalt är inte lika snabbverkande som en saltlösning då det tar tid för torrsalt att smälta och bilda en saltlösning med det vatten som redan finns på vägen, medan en saltlösning verkar snabbare. Om man bara ska se på saltmängden som används är det stor skillnad på hur mycket som faktiskt stannar kvar på vägen, med en saltlösning stanna ca 95 % kvar på

vägen medan en större del av torrsaltet inte stannar kvar på vägen. För att minska saltförbrukningen borde man övergå till saltlösning istället för torrsalt.

Slutsatser

Utifrån frågeställningarna kan följande slutsatser dras

Hur påverkar vägsalt lignoser?

- Lignoser påverkas generellt negativt av saltning
 - Påverkan på bladtillväxten
 - Den osmotiska effekten påverkar rötterna
 - Grenarna påverkas
 - Saltskador på barken kan leda till sekundära angrepp

Kan vägsalt påverka markens egenskaper?

- Vid överskott av natriumjoner i marken påverkas markens struktur negativt
 - Aggregatstabiliteten minskar, lerpartiklar urlakas → Minskad porvolym.
 - Vattengenomsläppligheten samt infiltrationen påverkas negativt av detta.
- Överskottet av natriumjoner sker på bekostnad av andra katjoner
 - Kan leda till växtnäringsbrist.

Påverkas hårdgjorda markmaterial av salt? I så fall hur?

- Hårdgjorda ytor påverkas olika - materialens egenskaper viktigt för hur de påverkas
 - Inga större skador på marktegel, utan salt lägger sig på ytan som vita fläckar
 - På asfalt blir det inga direkta skador utan salt bidrar till att det blir frostsprickor
 - Betongplattor får frostavflagningar när de har varit utsatta för saltskador
- Att använda torrsalt är sämre än saltlösning då mer salt hamnar i naturen
 - Det blir en mer effektiv snö- och issmältning med saltlösning då saltet redan är i löst form, medan torrsaltet måste börja att bli flytande för att snö och is ska börja smälta.
 - Det går även åt mindre mängd salt i saltlösning vid halkbekämpning än vid torrsaltning.

Finns andra alternativ än salt för halkbekämpning?

- Salt/socker kan vara ett alternativ
 - Socker smälter inte snö och is men påverkar inte friktionen på vägen, så en del av saltet i halkbekämpning skulle eventuellt kunna bytas ut mot socker för att minska saltanvändningen.
- Andra metoder har visat sig vara dyra
 - Ett annat material som har setts över för halkbekämpning är kalciummagnesiumacetat som kan vara upp till 20 gånger dyrare att använda än salt
- Viktigt att bara salta när det verkligen gör nytta
 - Det är viktigt att salta vid rätt tidpunkt annars kan saltet få en motsatt effekt

Finns det vissa typer av jordmaterial som fungerar bättre vid ett överskott av salt?

- Jordar med större andel grövre fraktioner påverkas mindre än jordar med större andel ler.

Diskussion

I vårt sökande efter nya fakta så hittade vi till en början bara samma sorts fakta om att salt är dåligt för naturen och att man vill försöka att hitta något substitut för salt som halkbekämpningsmedel, men efter att har vidgat vårt sökande med nya sökord och nya inriktningar så hittade vi mycket bra och intressant fakta. Vi hittade då fakta om vad som påverkas på insidan och utsidan hos lignoser, samt att saltskador på utsidan av lignoser kan leda till sekundära skador såsom svamp och andra skadegörare som tar sig in där salt har skadat barken. Under markytan stressas träden genom osmos då närvaron av salt kan antas minska vattenupptaget och i värsta fall dra ut vätska ur rötterna. Minskningen av tillgänglig vätska i trädet bör vara orsaken till många av de skador man ser ovan jord. När saltet löses i markvätskan frigörs både natriumjoner och kloridjoner som båda orsakar skador på rotsystemet - ett intressant forskningsområde för framtiden vore att undersöka om det finns möjlighet att binda det frigjorda jonerna och på så sätt minska både skadorna från joner och från den osmotiska stressen. Enligt Munns och Tester (2008) verkar effekten av saltpåverkan variera mellan olika lignosarter, något vi också har sett under vårt faktasök då vi fann texter som var inriktade på vilka lignosarter som är bäst lämpade att plantera i saltbelastade områden. Då vårt arbete har en annan inriktning ingår dessa texter inte i vårt källmaterial, dock kan de anses vara av stort intresse för både landskapsingenjörer och landskapsarkitekter vid planering och anläggning av områden där man kan räkna med hög saltintensitet vid halkbekämpning. Bortsett från hur lignoser påverkas av salt ville vi se vad som händer med markens struktur där lignoser växer, vi studerade även effekterna av salt på det hårdgjorda materialet som ofta har en hög saltningsintensitet som till exempel på gångbanor.

De material för hårdgjorda ytor vi har tittat på är marktegel, betongplattor samt asfalt och hur de blir påverkade av salt. Alla dessa material påverkas på olika sätt och de skador som framkommer efter att de blivit utsatta för salt ser olika ut. På markteglet uppstår inte några djupgående skador av salt utan det bildas vita fläckar på ytan på teglet, fläckarna bildas när salt som är löst i vatten under teglet trycks upp underifrån av kapillärkraften till ytan. Hos betongplattor som blivit utsatta för salt kontinuerligt under längre perioder kommer det att finnas en risk att de får frostavflagningar, detta ser ut som att betongplattan skiktas/flagnar sig i lager. Här kan man anta att plattornas livslängd kortas pga skadorna. Asfalt får inte några direkta skador från salt men det uppstår sekundära skador när salt smälter snö och is som i form av vatten sedan tränger ner i porerna på asfalten och expanderar när vattnet fryser. Detta orsakar frostsprickor som bara blir värre för varje gång det kommer ner nytt vatten som fryser och expanderar. Dessa sprickor ger också utrymme för växter att emigrera in i asfaltytan och förvärma effekterna av frostsprängningar.

Det finns olika material och metoder som undersöks som substitut för salt som halkbekämpning, en del av dessa metoder och material anses vara för dyra för att det ska vara användbart. Vårt grannland Finland har hittat en möjlig alternativ lösning - att använda kaliumformiat - en metod som man skulle kunna titta mer på för att utveckla en mer natur- och materialvänlig metod för halkbekämpning. Man kan läsa mer på Finlands miljöcentral - Syke (2013 - 2017).

Den saltförbrukning vi har idag är stor och påverkas av vilken metod som används när man sprider ut salt antingen i form av torrsalt eller i form av saltlösning. Men fortfarande är

saltanvändningen hög och det undersöks nya alternativ istället för salt, men kanske är inte bara materialet man ska försöka att förbättra. I källorna vi har läst under arbetet har vi tittat lite på hur salt sprids ut på våra vägar, och i texten av Mac Millar (1979) beskrivs det hur ansamlingar av salt kan uppstå när en saltbil bromsar in och accelererar vid en stoppsignal. Detta skulle vara en intressant punkt att se över när det kommer till en minskning av saltförbrukningen då allt det salt som bara samlats i en hög inte kommer att göra nytta i halkbekämpningen utan är till skada inte bara för all vegetation i närheten utan även de djur och insekter som påverkas av saltet när det kommer ut i naturen. Det vore ett intressant forskningsområde att vidare utreda, att mäta för att få klarhet i hur stor saltförlusten är och om en insats att förbättra spridningsmetoden skulle vara relevant i förhållande till de skadeverkningar i närheten av korsningar och liknande stoppställen som orsakas av den lokala översaltningen. I texten från Möller (2007) beskrivs det hur man i Sverige testat olika metoder för att mäta den distribuerade saltmängden och effekten av den på väglaget för att i förlängningen kunna salta/halkbekämpa på det mest optimala sättet med minsta möjliga kemikalietillsats.

Vi har koncentrerat vårt arbete på stadsträd i tätbebyggda miljöer, i huvudsak är detta lövfällande träd, som står nära en väg eller gång- cykelbana där de är utsatta för en hög saltmängd under vinterhalvåret. I tätbebyggda områden används inte lika många barrträd längs vägar eller längs gång- cykelbanor som är utsatta för halkbekämpning med salt. Det skulle vara intressant att få en djupare insikt i hur barrträd reagerar och hanterar salt, om deras påverkan är större eller mindre jämfört med de lövträd som används i städer och regelbundet utsätts för salt. Då vi har tittat på de vanligaste träden som används i stadsmiljöer (arter som lind, kastanj och oxel) tänkte vi inte på att se över de träd som inte är lika vanliga, men utifrån den fakta som vi har hittat så fanns det inte något direkt information kring hur barrträd påverkas. Eftersom barrträd producerar energi med fotosyntes året runt vore det intressant att titta lite djupare in på hur den påverkas av salt och om även barrtillväxten påverkas precis som lövtillväxten på lövträd. En annan aspekt som man skulle kunna titta djupare på är hur skogsbruk längs motorvägar där saltningsintensiteten är som högst påverkas.

Det är uppenbart att vägsaltet som används för halkbekämpning vintertid kraftigt ökar risken för att markens egenskaper påverkas. Natriumjoner i överskott i jord påverkar lerfraktionen av sagd jord vilket i sin tur påverkar jordens egenskaper som t.ex. vattengenomsläpplighet. Denna påverkan av jordens egenskaper beror till stor del av saltets rörlighet i jorden, för lakas salt ur snabbt och inte ackumuleras så blir det ingen större skada på vare sig mark eller växt. Urlakningen i sig påverkas av vattenförhållandena i jorden samt de geologiska förhållandena. Natriumjonernas påverkan av lerfraktionen hos en jord pekar mot att jordar med grövre struktur (sand, grovmo eller liknande) skulle vara bättre i miljöer där saltning är frekvent, då dessa jordar skulle släppa igenom mer salt eftersom dessa inte har någon eller liten andel ler som natriumjonerna skulle kunna bindas till. Detta innebär också att urlakningen av natriumjonerna i sådana jordar skulle gå betydligt snabbare, förutsatt att tillräckliga mängder vatten passerar genom jorden. Men att byta ut alla jordar i närheten av platser som saltas skulle vara ett ohållbart projekt då vägsalt används i mycket stor utsträckning. Så användning av jord med grövre struktur är främst något som kan påverkas i ett projekteringsstadium. Det som skulle kunna hända ifall det bara skulle anläggas sådana jordar i en miljö som utsätts för salt är att det skulle påverka växtvalet som yrkesverksamma

har att utgå ifrån. Inspiration skulle kunna hämtas från sandig kustmiljö då detta är en miljö som liknar den som skulle skapas vid anlägg av sådan jord.

Vi tror det kan vara svårt att uppskatta effekten av vägsalt i stort. Dels då det är sådana enorma mängder salt som används utspritt på en sammanlagt så stor areal dels på grund av att det är så många faktorer som påverkar saltmängden på olika sätt och dess påverkan på jorden. Vi tror också att en del av de skador som saltet orsakar kan misstas för skador av andra anledningar t.ex. kompakterad jord p.g.a. dispergering kan misstas för att tunga maskiner kört i direkt närhet och liknande. Är det viktigt att tänka på saltets påverkan hos växter, mark och markmaterial? Det är nog alltid bra att ha det i sin tankebana, om det är ett projekt som kommer påverkas av det, då salt uppenbarligen påverkar samtliga men en bör också ha i åtanke att det finns platser som i princip aldrig kommer att påverkas av salt p.g.a. diverse anledningar som t.ex. att salt urlakas snabbt och därav inte hinner göra speciellt stora skador.

Källförteckning

Brady, N.C. & Weil, R.R. (2002). *The Nature and Properties of Soils*. 13e uppl., Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Dt. (2009) Vägsalt förstör asfalten.
<https://www.dt.se/artikel/vagsalt-forstor-asfalten> [2020-03-03]

Eklund, N. (2016) Sverigesradio. Salt på vintervägar minskar
<https://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=83&artikel=6533730> [2020-03-05]

Etana, A. & Rydberg, T. (2008). *Inverkan av vägsalt (NaCl) på jordens aggregatstabilitet och risker för fosforförluster från åkermark*. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet.
<http://www.lvvf.se/dokument/v%C3%A4gsalt-%20Tomas%20Rydberg.pdf>

Esping, O. (2017) Förstörs betongytan av saltet?
<http://betong.se/2017/03/03/fraga-experten-forstors-betongytan-av-saltet/> [2020-03-03]

Flisbybloggen (2012) Så här undviker du halka på betong- och natursten.
<https://www.flisbybloggen.se/sa-har-undviker-du-halka-pa-betong-och-natursten.html>
[2020-03-06]

Gasslander, E. (2010) Vinterväghållning av cykelstråk i Malmö
<http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=8920956&fileId=8920957>
[2020-03-10]

Hanson, B.R., Grattan, S.R., Fulton, A. (2006). *Agricultural salinity and drainage*. Davis: University of California <https://hos.ifas.ufl.edu/media/hosifasufledu/documents/IST30688---24.pdf>

Juneholm, M (2007) Trafikverket: Åtgärder för att minska emissionerna av partiklar från slitage och uppvirvling från vägtrafiken.
https://www.trafikverket.se/contentassets/de025c2321a345a4ac6d37f8a7a15317/uppdrag_att_utreda_mojliga_atgarder_for_att_minska_partikelemissionerna_fran_slitage_och_uppvirling.pdf

Munns, R; Tester, M. (2008) Mechanisms of Salinity Tolerance, *The Annual Review of Plant Biology*, 59, sid 651-681. DOI: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911

Mac Millar, P. (1979). Skador av salt på gatuträd inom Lund centrum (Rapport Landskap 48). Alnarp: Sveriges Lantbruksuniversitet.

Möller, S. (2007) Nya tekniker och metoder inom vinterväghållning En litteraturgenomgång
http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:675309/FULLTEXT01.pdf?fbclid=IwAR2YmKHXppgNaRbZ2rrqPdwNjWQJ1b5iBsyDGw7oKYuDDL1w_7qqWmwolhY [2020-03-06]

Natural Resources Conservation Service (NRCS). (2017). *Potential Mobility of Road Salt*.
https://www.nrcs.usda.gov/wps/PA_NRCSCconsumption/download?cid=nrcseprd1376811&xt=pdf

Norrström, A.-C, & Bergstedt, E. (2001). *The impact of road de-icing salts (NaCl) on colloid dispersion and base cation pools in roadside soils*. Water air and soil pollution, 127, ss. 281-299. doi: 10.1023/A:1005221314856
aIMRaD

Nordisk vägforum. (2018). Vinterväghållning i de nordiska länderna (Rapport 1). [Elektronisk]
<http://www.nvfnorden.org/library/Files/Utskott-2016-2020/Drift-och-underh%C3%A5ll/Drift%20och%20underh%C3%A5ll%20-%20Statusrapport%202018.pdf>

Olofsson, H, L. (2015) Experten om saltmyterna.
<https://www.nsd.se/nyheter/experten-om-saltmyterna-9653974.aspx> [2020-03-03]

Randrup, T.B. & Pedersen, L.B. (1996). *Vejsalt, træer og buske: en litteraturundersøgelse om NaCl's effekter på vedplanter langs veje*. Köpenhamn: Vejdirektoratet.
[https://www.vejdirektoratet.dk/api/drupal/sites/default/files/publications/vejsalt trer og buske .pdf](https://www.vejdirektoratet.dk/api/drupal/sites/default/files/publications/vejsalt%20tr%C3%A6r%20og%20buske.pdf)

Shainberg, I. & Letey, J. (1984). Response of soils to sodic and saline conditions. *Hilgardia*, 52(2) ss 1-57. Doi:10.3733/hilg.v52n02p057

Statens maritima och transporthistoriska museer (2018). *Vinterväghållning*.
<https://www.smtm.se/museer-och-samlingar/vaghistoriska-samlingen/vagens-historia/vintervaghallning> [2020-01-21]

Sveriges Lantbruksuniversitet (2017). *Turbiditet/grumlighet*.
<https://www.slu.se/institutioner/vatten-miljo/laboratorier/vattenkemiska-laboratoriet/detaljerade-metodbeskrivningar/turbiditet/> [2020-03-22]

Syke - Finlands miljöcentral (2013-2017)
<https://www.syke.fi/projekt/midas> [2020-05-12]

Trafikverket (2020) Saltstrategier.
<https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/vag/underhall-vag/Entreprenorsdokument/Amnesomraden/Vintervaghallning/Vinter-2003/Saltstrategi/> [2020-03-06]

Trafikverket. (2019a) Saltning i förebyggande syfte.
<https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/underhall-av-vag-och-jarnvag/Sa-skoter-vi-vagar/Vintervaghallning/vagsalt/?expandid=collapseAccordion343600#collapseAccordion343600> [2020-02-24]

Trafikverket. (2019b) Ökad salt användning samt andra lösningar.
<https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/underhall-av-vag-och-jarnvag/Sa-skoter-vi-vagar/Vintervaghallning/vagsalt/?expandid=collapseAccordion343597#collapseAccordion343597> [2020-02-24]

Trafikverket. (2019c). Andra alternativ till salt.
<https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/underhall-av-vag-och-jarnvag/Sa-skoter-vi-vagar/Vintervaghallning/vagsalt/?expandid=collapseAccordion343596#collapseAccordion343596> [2020-02-24]

Trafikverket. (2019d). Har saltning någon effekt på trafiksäkerheten?. <https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/underhall-av-vag-och-jarnvag/Sa-skoter-vi-vagar/Vintervaghallning/vagsalt/?expandid=collapseAccordion343594#collapseAccordion343594>

[2020-03-05]

Trafikverket. (2019e). Varför används salt?. <https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/underhall-av-vag-och-jarnvag/Sa-skoter-vi-vagar/Vintervaghallning/vagsalt/?expandid=collapseAccordion343593#collapseAccordion343593>

[2020-03-05]

Trafikverket. (2019f). Vid vissa tillfällen är det mycket kallt ute och väldigt halt, ändå saltar ni inte. varför? <https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/underhall-av-vag-och-jarnvag/Sa-skoter-vi-vagar/Vintervaghallning/vagsalt/?expandid=collapseAccordion343599#collapseAccordion343599>

[2020-03-05]

Tvedt, T., Randrup, T.B., Pedersen, L.B. & Gludsted, S. (2001). *Planter & Vejsalt*. [Häfte] Köpenhamn: Københavns Universitet. <https://static-curis.ku.dk/portal/files/20651137/vejsaltnav.pdf>

Wienerberger (2020) Drift och underhåll av marktegel <https://www.wienerberger.se/produkter/marktegel/teknisk-information/drift-och-underhaall-av-marktegel.html> [2020-03-06]

Öberg, G., Gustafsson, K. & Axelson, L. (1991). *Effektivare halkbekämpning med mindre salt* (Rapport 369 S). Linköping: Väg-och Trafikinstitutet. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:674881/FULLTEXT02>

Ölander, J. (2004) Motiv och konsekvens rapport till "Miljöanpassad framkomlig vinterväg" s.7. https://www.trafikverket.se/contentassets/3c4083313f004739bf3517f58a42cd2e/motiv_och_konsekvensrapport_till_miljoanpassad_framkomlig_vintervag.pdf [2020-02-24]